

#2 6-1-00  
**PATENT APPLICATION**

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Akira SHIMOKOHBE and Seiichi HATA

Application No.: New U.S. Patent Application

Filed: April 25, 2000

Docket No.: 106096



For: A THIN FILM-STRUCTURE AND A METHOD FOR PRODUCING THE SAME

**CLAIM FOR PRIORITY**

Director of the U.S. Patent and Trademark Office  
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 11-126680 filed May 7, 1999

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application:

  X   is filed herewith.

           was filed on            in Parent Application No.            filed           .

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

James A. Oliff  
Registration No. 27,075

Thomas J. Pardini  
Registration No. 30,411

JAO:TJP/kmc

**OLIFF & BERRIDGE, PLC**  
**P.O. Box 19928**  
**Alexandria, Virginia 22320**  
**Telephone: (703) 836-6400**

<b>DEPOSIT ACCOUNT USE AUTHORIZATION</b> Please grant any extension necessary for entry; Charge any fee due to our Deposit Account No. 15-0461
--

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

JC625 U.S. PTO  
09/556795  
04/25/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

1 9 9 9 年 5 月 7 日

出 願 番 号  
Application Number:

平成 1 1 年特許願第 1 2 6 6 8 0 号

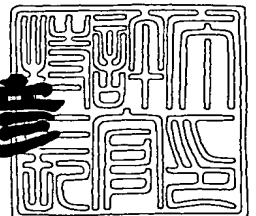
出 願 人  
Applicant (s):

東京工業大学長

1 9 9 9 年 1 0 月 1 日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特平 1 1 - 3 0 6 6 0 0 3

【書類名】 特許願

【整理番号】 F1999-106

【提出日】 平成11年 5月 7日

【あて先】 特許庁長官 伊佐山 建志 殿

【国際特許分類】 H01L 27/00

【発明の名称】 薄膜構造体及びその製造方法

【請求項の数】 22

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都町田市つくし野 2 - 2 4 - 7

    【氏名】 下河辺 明

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都町田市成瀬台 2 - 3 2 - 3 ポプラが丘コープ 2  
                            0 - 3 0 3

    【氏名】 秦 誠一

【特許出願人】

    【識別番号】 391012316

    【氏名又は名称】 東京工業大学長 内藤 喜之

【代理人】

    【識別番号】 100059258

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 杉村 暁秀

【選任した代理人】

    【識別番号】 100072051

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 杉村 興作

【選任した代理人】

    【識別番号】 100098383

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 杉村 純子

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9709969

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜構造体及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 過冷却液体域を有する非晶質材料からなる薄膜を立体的に変形させてなることを特徴とする、薄膜構造体。

【請求項 2】 前記過冷却液体域のガラス転移温度が 2 0 0～6 0 0℃の温度範囲内にあり、過冷却液体域の温度幅が 2 0℃以上であることを特徴とする、請求項 1 に記載の薄膜構造体。

【請求項 3】 過冷却液体域を有する非晶質材料からなる薄膜を所定の基板上に形成する工程と、

前記薄膜を前記過冷却液体域まで加熱し、前記薄膜を所定の形状に変形させて薄膜構造体を形成する工程と、

前記薄膜構造体を前記過冷却液体域から室温まで冷却させる工程とを含むことを特徴とする、薄膜構造体の製造方法。

【請求項 4】 前記過冷却液体域のガラス転移温度が 2 0 0～6 0 0℃の温度範囲内にあり、過冷却液体域の温度幅が 2 0℃以上であることを特徴とする、請求項 3 に記載の薄膜構造体の製造方法。

【請求項 5】 前記薄膜構造体の形成は、前記薄膜の自重によって行うことを特徴とする、請求項 3 又は 4 に記載の薄膜構造体の製造方法。

【請求項 6】 前記薄膜構造体の形成は、機械的な外力によって行うことを特徴とする、請求項 3 又は 4 に記載の薄膜構造体の製造方法。

【請求項 7】 前記薄膜構造体の形成は、静電的な外力によって行うことを特徴とする、請求項 3 又は 4 に記載の薄膜構造体の製造方法。

【請求項 8】 前記薄膜は導電性材料からなり、前記薄膜構造体の形成は、前記薄膜と対向させて対向電極を形成し、前記薄膜と前記対向電極との間に所定の電圧を印加することにより、前記薄膜と前記電極との間に発生した静電力によって行うことを特徴とする、請求項 7 に記載の薄膜構造体の製造方法。

【請求項 9】 前記電圧の印加は、前記薄膜に隣接して形成した導電性材料からなる電極層と前記対向電極との間で行うことを特徴とする、請求項 8 に記載の薄

膜構造体の製造方法。

【請求項 10】 前記薄膜構造体の形成は、磁気的な外力によって行うことを特徴とする、請求項 3 又は 4 に記載の薄膜構造体の製造方法。

【請求項 11】 前記薄膜構造体の形成は、前記薄膜と隣接させて磁性材料からなる磁性層を形成し、この磁性層と前記対向磁石との間に発生する磁力によって行うことを特徴とする、請求項 10 に記載の薄膜構造体の製造方法。

【請求項 12】 前記薄膜の加熱は、前記過冷却液体域と前記磁性層を構成する磁性材料のキュリー点との間で行うことを特徴とする、請求項 11 に記載の薄膜構造体の製造方法。

【請求項 13】 前記磁性層は、キュリー点  $210 \sim 1200^{\circ}\text{C}$  である磁性材料からなることを特徴とする、請求項 12 に記載の薄膜構造体の製造方法。

【請求項 14】 前記磁性層は、Ni、Fe、Co 及び Mn から選ばれる少なくとも 1 種の磁性材料からなることを特徴とする、請求項 13 に記載の薄膜構造体の製造方法。

【請求項 15】 前記薄膜構造体の形成は、前記非晶質材料と熱膨脹係数の異なる材料からなる補助層を前記薄膜と隣接するように形成し、前記薄膜と前記補助層との熱膨脹差によって前記薄膜と前記補助層との界面に生じる応力により行うことを特徴とする、請求項 3 又は 4 に記載の薄膜構造体の製造方法。

【請求項 16】 前記補助層は、 $200^{\circ}\text{C}$  以上における熱膨脹係数が  $5 \times 10^{-6}$  以下又は、 $15 \times 10^{-6} \sim 40 \times 10^{-6}$  の範囲であることを特徴とする、請求項 15 に記載の薄膜構造体の製造方法。

【請求項 17】 前記薄膜構造体の形成は、内部応力を有する補助層を前記薄膜と隣接するように形成し、前記薄膜と前記補助層との内部応力差により前記薄膜と前記補助層との界面に生じる応力により行うことを特徴とする、請求項 3 又は 4 に記載の薄膜構造体の製造方法。

【請求項 18】 前記補助層は、圧縮又は引張りの内部応力を有し、内部応力の絶対値が  $1 \text{ MPa} \sim 3 \text{ GPa}$  であることを特徴とする、請求項 17 に記載の薄膜構造方法。

【請求項 19】 前記補助層の厚さが、前記薄膜の厚さの  $1/100$  以下である

ことを特徴とする、請求項 1 5～1 8 のいずれかーに記載の薄膜構造体の製造方法。

【請求項 2 0】 前記補助層は、前記薄膜構造体を形成した後、室温において除去することを特徴とする、請求項 1 5～1 8 のいずれかーに記載の薄膜構造体の製造方法。

【請求項 2 1】 前記補助層は、前記基板を構成する材料と前記薄膜を構成する材料とが混合してなる混合層であることを特徴とする、請求項 1 5 又は 1 7 に記載の薄膜構造体の製造方法。

【請求項 2 2】 前記混合層の厚さが、前記薄膜の厚さの  $1/100$  以下であることを特徴とする、請求項 2 1 に記載の薄膜構造体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、薄膜構造体及びその製造方法に関し、さらに詳しくはマイクロアクチュエータなどのマイクロマシン、探針、触針、マイクロセンサなどの各種センサ、及び走査型プローブ顕微鏡用プローブなどの各種プローブの構造部品などとして好適に使用することのできる、薄膜構造体及びその製造方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来技術】

マイクロマシン、各種センサ、各種プローブなどは、基板面外へ作用する力の発生や、逆に基板外の各種近接効果や流体の流動、他の電子回路の電圧などを検出する必要がある。このため、半導体製造に用いられる薄膜成膜技術及び微細加工技術を応用したマイクロマシーニングにより、様々な薄膜からなる梁などの平面構造体を立体的に変形させた薄膜構造体が用いられるようになってきている。

【0 0 0 3】

従来、立体的な薄膜構造体を製造する方法としては、以下の方法が用いられてきた。

1) 異なった熱膨張係数を有する 2 種類以上の層からなる平面構造体を作製し、バイモルフ効果により、立体的な薄膜構造体を製造する方法。

2) ポリシリコンからなる平面構造体をマイクロプローブで保持し、通電加熱により加熱・変形させ立体的な薄膜構造体を製造する方法。

3) スパッタリング法などによって薄膜を形成し、成膜時の残留応力を利用して、立体的な薄膜構造体を製造する方法。

【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、バイモルフ効果を利用した方法では、薄膜構造体を製造した後においても熱膨張係数の違う層が存在するため、常温付近でのバイモルフ効果によって使用時の温度変化に起因して薄膜構造体を経時的に変化してしまうという問題がある。

また、ポリシリコンを加熱・変形させる方法では、材料がポリシリコンに限定され、所望の強度、弾性限界などの特性を構造に付与することが難しい。さらに作製した個々の平面構造体をマイクロプローブで保持しなければならず、生産性に乏しいという問題がある。

さらに、成膜時の残留応力を利用する方法では、再現性に乏しく、残留応力の経時変化により薄膜構造体の形状が変化するという問題点があった。

【0 0 0 5】

本発明は、高い生産性と高い再現性とを有し、成形後の形状安定性に優れた薄膜構造体及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0 0 0 6】

【課題を解決するための手段】

本発明は、

過冷却液体域を有する非晶質材料からなる薄膜を立体的に変形させてなることを特徴とする、薄膜構造体である。

【0 0 0 7】

また、本発明は、

過冷却液体域を有する非晶質材料からなる薄膜を所定の基板上に形成する工程と、

前記薄膜を前記過冷却液体域まで加熱し、前記薄膜を所定の形状に変形させて



薄膜構造体を形成する工程と、

前記薄膜構造体を前記過冷却液体域から室温まで冷却させる工程とを含むことを特徴とする、薄膜構造体の製造方法である。

【0008】

本発明者らは、上記問題点を解決すべく、薄膜構造体を構成する新たな材料及び製造方法を開発すべく研究を重ねた。その結果、薄膜構造体を過冷却液体域を有する非晶質材料から構成するとともに、前記非晶質材料からなる薄膜を前記過冷却液体域にまで加熱し、前記薄膜の温度が前記過冷却液体域にあるときに、前記薄膜を所定の形状に変形させることによって上記問題を解決できることを見出した。

【0009】

すなわち、過冷却液体域を有する非晶質材料からなる薄膜を前記過冷却液体域まで加熱すると、前記薄膜はガラス転位現象を生じる。すると、それまで固体状で高い剛性を有していた薄膜は半固体状（過冷却液体）となり、粘度が  $10^8 \sim 10^{13} \text{ Pa} \cdot \text{S}$  の粘性流動を示すようになる。したがって、外部的な力を印加することのみならず、薄膜自体の重さによって自ら変形することが可能となる。さらに、この温度域において前記薄膜は極めて軟性を示すため、所望するあらゆる形状を簡易に形成することができる。

そして、前記薄膜が前記過冷却液体域よりも低い温度に冷却されると、再び前記薄膜は固体状となって高い剛性を示すようになる。したがって、前記過冷却液体域において所望する形状に作製された前記薄膜は、その形状を維持したまま高い剛性を有する固体状物となる。

【0010】

本発明は、過冷却液体域を有する非晶質材料の上記のような特性を見出すとともにこの特性に着目し、この特性を利用することによってなされたものである。

本発明の薄膜構造体及びその製造方法によれば、非晶質材料からなる薄膜が過冷却液体域に加熱されたときのみ、前記薄膜が粘性流動を示すため簡易に前記薄膜の形状を変化させることができる。そして、室温近傍の通常の使用状態においては前記薄膜の剛性が極めて高くなるため、前記薄膜の形状をほとんど変化させ

ることができなくなる。

したがって、高い生産性と高い再現性とを有し、成形後の形態安定性に優れた薄膜構造体を提供することが可能となる。

【0011】

なお、本発明における「過冷却液体域」とは、ガラス転移温度 ( $T_g$ ) から結晶化開始温度 ( $T_x$ ) までの温度領域 ( $\Delta T_x$ ) をいう。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を発明の実施の形態に則して詳細に説明する。

本発明の薄膜構造体は、過冷却液体域を有する非晶質材料からなることが必要である。

本発明の目的を達成できるものであれば、このような非晶質材料の種類は限定されない。酸化物ガラス ( $SiO_2$ 、パイレックスガラス等)、カルコゲナイド半導体 ( $As-S$ 、 $Si-As-Te$  等)、及び一部の非晶質合金 ( $Zr-Cu-Al$  や  $Pd-Cu-Si$  など) の金属ガラスを例示することができる。

【0013】

しかしながら、過冷却液体域のガラス転移温度が  $200 \sim 600^\circ C$  の温度範囲にある非晶質材料を使用することが好ましく、さらには  $250 \sim 400^\circ C$  の温度範囲にある非晶質材料を使用することが好ましい。非晶質材料がこのような比較的低いガラス転移温度を有することによって、薄膜の加熱行程が簡素化される。また、非晶質材料を成膜する基板や、基板を保持する治具などの材料などの材料選択の幅が広がる。ガラス転移温度周辺の非晶質材料は、一般的に  $10^{13} \sim 10^{11} Pa \cdot s$  の粘度を有するので、薄膜の粘度が低下しすぎて短時間に大きく変形することにより、薄膜自体が過剰に変形したり、破壊したりすることを防止できる。

また、このような非晶質材料は室温近傍において極めて高い剛性を有する。したがって、過冷却液体域で薄膜を変形させることによって得た形状が、室温近傍における使用過程においてほとんど変化しなくなる。したがって、極めて形状安定性に優れた薄膜構造体の提供が可能となる。

【0 0 1 4】

さらに、過冷却液体域の温度幅は 2 0℃以上であることが望ましい。このように比較的広い過冷却液体域を有することによって、薄膜の加熱工程が簡易化される。また、このように比較的広い過冷却液体域を有することによって、加熱時の温度変動による影響を低減することができる。

このような非晶質材料としては、 $Zr_{66}Cu_{33}Al$ 、 $Pd_{76}Cu_6Si_{18}$ 及び酸化ボロンなどを例示することができる。

【0 0 1 5】

本発明の薄膜構造体は、前記のような非晶質材料からなる薄膜を過冷却液体域まで加熱して製造することが必要である。薄膜を加熱する手段としては、赤外線加熱、誘導加熱、抵抗加熱などの公知の加熱手段を用いることができる。

【0 0 1 6】

さらに、本発明の薄膜構造体は、前記薄膜を過冷却液体域に加熱した後、前記薄膜がこの温度状態にあるときに前記薄膜を所定の形状に変形させることが必要である。

薄膜を変形させる手段としては、薄膜に対して機械的な外力、静電的な外力、磁気的な外力を加えて行う他、バイモルフ効果を利用する方法、及び薄膜の自重を利用する方法などがある。

以下、それぞれについて説明する。

【0 0 1 7】

(薄膜の自重によって変形させる方法)

通常、 $\mu m$ オーダの寸法を持つ薄膜では、自重による変形は極めて少ない。しかしながら、このような薄膜を過冷却液体域に加熱すると前記薄膜は粘性流動を示すため、自重によって容易に変形する。また過冷却液体域より低い温度では粘性流動を示さず、薄膜はほとんど変形しない。したがって、この場合の変形量は前記薄膜の粘度と前記薄膜が過冷却液体域に加熱保持されている時間とに依存する。すなわち、粘度が小さく加熱保持時間が長い程、変形量は増大する。

また、薄膜にエッチングなどを施すことにより薄膜を梁形状にし、さらに梁の先端部分に幅広部やバンプ状の突起を設け、先端部分の質量を増すことによって

薄膜の変形量をさらに大きくすることもできる。

【0018】

(機械的な外力によって変形させる方法)

この場合においては、薄膜を過冷却液体域まで加熱する前に前記薄膜に微細針などにより外力を与えて変形させ、過冷却液体域の加熱行程中、この外力を保持する。そして、この状態で前記薄膜を過冷却液体域まで加熱すると、薄膜が軟化して外力による変形の応力を緩和するため永久ひずみを生じるようになる。そして、この永久ひずみを持って薄膜の変形量とするものである。

また、マイクロマニピュレータなど適当な微細針駆動機構を用いる場合は、薄膜を過冷却液体域に加熱した後に、前記微細針駆動機構に取り付けられた微細針によって前記薄膜を加熱保持している最中に直接的に変形させることもできる。

【0019】

(静電的な外力によって変形させる方法)

前記薄膜が  $Zr_{66}Cu_{33}Al$  などの過冷却液体域を有する非晶質材料であって導電性を有する場合、この薄膜に対向させて絶縁層を有する対向電極を形成する。そして、前記薄膜と前記対向電極との間に外部電源を接続し、電圧を印加する。すると、前記薄膜と前記対向電極との間に静電場が発生し、これに伴って両者の間に静電力が発生する。過冷却液体域に加熱された粘性流動状態にある薄膜は、この静電力による吸引あるいは反発を受けることによって容易に所定の形状に変化する。

【0020】

前記薄膜が、酸化物ガラスなどの不導体である場合は、スパッタなど公知の成膜方法により、金などの導電性材料からなる電極層を前記薄膜と隣接するように形成する。そして、前記電極層と前記対向電極との間に外部電源を接続して電圧を印加し、この間に静電力を発生させることによって、前記同様に過冷却液体域にある薄膜を変形させる。

薄膜の変形量は、前記薄膜と前記対向電極とのギャップ、印加する電圧、および加熱温度と加熱時間により制御できる。

なお、電圧印加による静電力の発生は、前記薄膜の加熱前後のいずれでもよい

。

#### 【0 0 2 1】

(磁気的な外力によって変形させる方法)

磁気的な外力によって薄膜を変形させる場合は、前記薄膜と隣接させて磁性層を形成する。そして、前記磁性層と対向させて永久磁石又は電磁石などの対向磁石を設置する。そして、前記磁性層と前記対向電極との間に発生する磁力による吸引あるいは反発によって、過冷却液体域にある前記薄膜を変形させる。

#### 【0 0 2 2】

このように磁気的な外力によって薄膜を変形させる場合、前記磁性層を構成する磁性材料のキュリー点が、過冷却液体域を有する前記薄膜のガラス転位温度よりも高いことが必要である。これによって、前記薄膜を過冷却液体域に加熱した場合においても、前記磁性層は磁性を維持することが可能であるため、本方法によって前記薄膜を変形させることができる。

薄膜の変形量は前記薄膜などと磁石とのギャップ、磁束密度、及び加熱温度、加熱時間により制御することができる。

#### 【0 0 2 3】

また、本方法による場合、前記磁性層を構成する磁性材料のキュリー点が  $210 \sim 1200^{\circ}\text{C}$  であることが好ましく、さらには  $350 \sim 1150^{\circ}\text{C}$  であることが好ましい。これによって、前記薄膜を過冷却液体域まで加熱した場合においても前記薄膜などが十分に大きい磁化を有するため、前記ギャップや前記磁束密度などで決定される磁気的な外力のみによって、前記薄膜を所望の形状に簡易に形成することができる。

このような磁性材料としては Fe、Ni、Co 及び  $\text{Ni}_3\text{Fe}$  を好ましくは用いることができる。

#### 【0 0 2 4】

(バイモルフ効果によって変形させる方法)

バイモルフ効果によって薄膜を変形させるためには、前記薄膜と熱膨張係数又は内部応力の異なる補助層を前記薄膜と隣接させて形成する。そして、前記薄膜を過冷却液体域に加熱した際に、前記薄膜と前記補助層との熱膨張差又は内部応

力差に起因し、両者の界面に発生した応力によって前記薄膜を变形させる。

具体的には、薄膜と隣接させて前記薄膜と熱膨脹係数の異なる材料からなる補助層や、スパッタ時の雰囲気圧などの成膜条件を操作することによって内部応力を発生させた補助層を直接形成したり、基板を構成する材料と前記薄膜を構成する材料との混合層から補助層を構成したりすることができる。

【0025】

前者の場合においては、補助層が薄膜を構成する非晶質材料の過冷却液体域までの加熱に耐え得るような耐熱性を有することが必要である。具体的には、200℃以上における熱膨脹係数が $5 \times 10^{-6}$ 以下又は $15 \times 10^{-6} \sim 40 \times 10^{-6}$ の範囲にある材料から前記補助層を構成することが好ましい。このような材料としては、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、Cr、Ni及びAlなどを挙げることができる。

また、内部応力を有する補助層としては、内部応力の絶対値が1MPa～3GPa、さらに好ましくは10MPa～100MPaである材料、具体的には直流スパッタ法によりスパッタ時のアルゴン雰囲気圧力0.3Pa、スパッタ電圧500Vで成膜されたCr層などを用いることができる。

また、この場合において補助層の厚さを大きくし過ぎると「従来の技術」で述べたように、常温付近のバイモルフ効果によって薄膜構造体の形状が経時的に変化してしまう場合がある。したがって、前記補助層の厚さは薄い方が好ましい。具体的な厚さは前記薄膜と前記補助層とのヤング率によって決定されるが、両者のヤング率が同じ程度の場合、前記補助層の厚さは前記薄膜の厚さの1/100以下が好ましく、さらには10～200nmの範囲にあることが好ましい。

【0026】

さらに、過冷却液体域を有する薄膜と補助層との間にエッチング耐性の差がある場合、前記補助層を前記薄膜や基板を侵さないエッチャントで除去することにより、常温付近におけるバイモルフ効果を防止し、薄膜構造体の形状が経時的に変化することを防止できる。

【0027】

また、基板と過冷却液体域を有する非晶質材料からなる混合層で前記補助層を

構成する場合は、スパッタリングによって前記薄膜を形成する過程において、例えばスパッタ時の雰囲気圧力及びスパッタ出力などのスパッタリング条件を制御することによって、前記基板が逆スパッタされるようにする。すると、前記薄膜中に基板構成粒子が混入し、前記のような混合層を形成することができる。

この場合においても混合層の厚さが前記薄膜の厚さに比べて大きくなり過ぎると、常温付近でのバイモルフ効果によって、薄膜構造体の形状が経時的に変化する場合がある。したがって、補助層を混合層によって構成する場合においても、前記同様の厚さによる制限を課すことが好ましい。

#### 【0028】

本方法によって薄膜を変形させる場合、薄膜の変形量は、前記薄膜及び前記補助層のヤング率、厚さ、及びこれらの熱膨脹係数の差と、加熱温度及び加熱時間とに依存する。

#### 【0029】

上記のようにして薄膜を変形させ、薄膜構造体を形成した後は、熱放射などによる自然冷却、冷却用ガス導入による冷却、冷却盤との接触による冷却などの冷却手段を用いて室温まで冷却する。また、磁気的な外力によって変形させる場合は、水冷した電磁石などに接触させることによって行うことができる。

また、過冷却液体域を有する非晶質材料からなる薄膜を基板上に形成する手段としては、スパッタリング、蒸着法などの物理蒸着法や、CVD法などの化学蒸着法などによって形成することができる。

#### 【0030】

本発明の薄膜構造体を構成する前記薄膜の厚さは特に限定されず、用途に応じてあらゆる厚さに形成することができる。しかしながら、各種センサや各種プローブなどに使用する場合は、一般に1～20  $\mu\text{m}$ の厚さに形成する。

また、前記薄膜は用途に応じてウェットエッチング法、ドライエッチング法、及びリフトオフ法などによって、予め所望の平面構造体に形成しておくこともできる。

#### 【0031】

#### 【実施例】

以下、本発明を実施例に基づいて詳細に説明する。

#### 実施例 1

本実施例においては、過冷却液体域を有する非晶質材料からなる薄膜を、薄膜の自重によって変形させた。

図 1～5 は、本実施例による薄膜構造体の製造工程を示す工程図である。

図 1 は、本発明の薄膜構造体の製造方法における最初の工程を示す平面図であり、図 2 は、図 1 に示す平面図の I-I 線における断面図を示したものである。そして、図 3～5 は、それぞれ図 1 及び 2 に続く工程を経時的に示した断面図である。

基板 10 には厚さ  $200\text{ }\mu\text{m}$ 、結晶方位 100 面の単結晶シリコンウェハを用いた。

#### 【0032】

最初に、図 1 及び 2 に示すように基板 10 の主面 10A 上にポリイミド膜をスピコート法により厚さ  $5\text{ }\mu\text{m}$  に形成し、RIE（反応性イオンエッチング）を用いてパドル部 12 を有する片持ち梁形状のネガパターン 13 を形成した。次いで、図 3 に示すように、スパックリング法により、 $\text{Zr}_{66}\text{Cu}_{33}\text{Al}_1$  の金属ガラスからなる薄膜 14 を基板 10 の主面 10A 上に厚さ  $2\text{ }\mu\text{m}$  に形成した。

次いで、図 3 に示すように、基板 10 の裏面 10 上に、スピコートによってレジストからなる保護層 15 を厚さ約  $1\text{ }\mu\text{m}$  に形成した。次いで、図 4 に示すように、基板 10 を 40 重量%の水酸化カリウムにより  $80^\circ\text{C}$  で 2 時間ウェットエッチングを行ってネガパターン 13 を除去し、薄膜 14 をパターニング（リフトオフ）した。さらに、基板 10 を異方性エッチングしてエッチピット 16 を形成し、薄膜 14 を片持ち梁構造状に形成した。次いで、保護層 15 をメチルエチルケトンに 5 分間浸漬してエッチング除去した。

#### 【0033】

次いで、図 5 に示すように、パターニングされた薄膜 14 上に熱電対 17 と Ti 箔（厚さ  $50\text{ }\mu\text{m}$ ）のカバー 18 を設置した。そして、このようなアセンブリを真空容器 19 に入れ、図示しない真空ポンプにより  $10^{-4}\text{Pa}$  以下まで排気した。



## 【0034】

真空容器 19 には石英ガラス窓 20 が具備され、この石英ガラス窓 20 上には赤外線ヒータ 21 が設置されている。また、この赤外線ヒータ 21 と熱電対 17 は温度調節器 22 に接続されており、熱電対 17 によって薄膜 14 の温度を直接モニタリングしながら、赤外線ヒータ 21 によって設定した温度まで加熱することができるようになっている。カバー 18 は、高温で活性な Ti からなっている。このため、加熱中に残留酸素などを吸着し、同じく高温活性な薄膜 14 の酸化を防ぐとともに、赤外線ヒータ 21 の加熱むらを平均化し、薄膜 14 を均一に加熱することができる。

## 【0035】

図 6 は、上記金属ガラスからなる薄膜 14 の過冷却液体域を示差走査熱量計 (DSC) で測定した示差走査熱量計曲線のグラフである。図から明らかなように、薄膜 14 のガラス転移点  $T_g$  は  $360^{\circ}\text{C}$  であり、結晶化開始温度  $T_x$  は  $421^{\circ}\text{C}$  であり、これから過冷却液体域  $\Delta T_x$  は  $61^{\circ}\text{C}$  であることが分かった。

そこで、図 6 による測定結果から、加熱速度  $10^{\circ}\text{C}/\text{分}$  で薄膜 14 を赤外線加熱により  $387^{\circ}\text{C}$  まで加熱し、5 分間保持した。その後、放射冷却を制御することにより、冷却速度  $10^{\circ}\text{C}/\text{分}$  で室温まで冷却し、薄膜 14 を有するアセンブリを真空容器 19 より取り出した。

## 【0036】

図 7 及び 8 は、上記加熱処理前後の薄膜 14 の状態を示す走査型電子顕微鏡写真である。

図 7 及び 8 から明らかなように、本発明にしたがって加熱処理した後は、薄膜 14 が下方に湾曲した (約  $150\mu\text{m}$ ) 片持ち梁構造の薄膜構造体を得られた。

## 【0037】

なお、本実施例では薄膜 14 として Zr 基の金属ガラスを用いたが、他のガラス金属、例えば  $\text{Pd}_{76}\text{Cu}_6\text{Si}_{18}\text{SiO}_2$  などの酸化物ガラスを用いることもできる。

さらに、図 1 に示すパドル部 12 の代わりに、図 9 に示すようなハンダバンプ 30 を設けたり、図 10 に示すような同一または異なる薄膜によって先端部に厚

みを持たせた厚膜部 3 1 を設けたりした梁構造によっても同様の効果を奏する。

【0 0 3 8】

また、本実施例及び図 9、1 0 に示す例は、片持ち梁構造の薄膜 1 4 のたわみ量を比較的大きくするために、梁の先端重量を増大させたものである。しかしながら、たわみ量を大きくしない場合においては、このような手段を講じる必要はない。

さらに、本実施例では薄膜 1 4 をエッチピット 1 6 側にたわませたが、基板 1 0 を裏返すことによって、薄膜 1 4 をエッチピット 1 6 と反対側にたわませることもできる。

【0 0 3 9】

#### 実施例 2

本実施例においては、過冷却液体域を有する非晶質材料からなる薄膜を、機械的な外力によって変形させた。

図 1 1 ～ 1 5 は、本実施例による薄膜構造体の製造工程を示す工程図である。図 1 1 は、本発明の薄膜構造体の製造方法における最初の工程を示す平面図であり、図 1 2 ～ 1 5 は、それぞれ図 1 1 に続く工程を経時的に示す断面図である。また、図 1 3 は、図 1 2 に示す平面図の II - II 線における断面図を示したものである。

基板 4 0 には、厚さ  $200\ \mu\text{m}$ 、結晶方位 1 0 0 面の単結晶シリコンウェハを用いた。

【0 0 4 0】

図 1 1 に示すように、基板 4 0 の主面 4 0 A 上にスピンコート法によりレジストを厚さ  $1\ \mu\text{m}$  で塗布し、露光装置により長方形の犠牲層 4 1 をパターンニングして形成した。次いで、基板 4 0 の主面 4 0 A 上において、犠牲層 4 1 の全体を覆うようにして酸化ボロン ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) からなる薄膜 4 2 を、CVD 法によって厚さ約  $2\ \mu\text{m}$  に形成した。次いで、基板 4 0 の裏面 4 0 B に、レジストを同じくスピンコート法により厚さ  $0.5\ \mu\text{m}$  に塗布した後、パターンニングしてマスク 4 3 を形成した。

次いで、このマスク 4 3 を利用することによって、基板 4 0 を  $80^\circ\text{C}$  の水酸化

カリウム( KOH ) 水溶液( 濃度 4 0 重量% ) に 1. 6 時間浸漬してエッチングを行い、犠牲層 4 1 まで達する貫通穴 4 4 を形成した。

#### 【 0 0 4 1 】

次いで、図 1 2 及び 1 3 に示すように、図示しないレジストからなる保護膜を薄膜 4 2 上に形成した後、フッ酸緩衝液に浸漬してエッチングを行い、薄膜 4 2 を両持ち梁形状に形成した。その後、犠牲層 4 1 及びマスク 4 3 をメチルエチルケトンで剥離・除去した。

次いで、図 1 4 に示すように、SUS 3 0 4 製の治具 4 6 を貫通穴 4 4 より薄膜 4 2 に押し当てた状態で、ヒータと温度制御器からなる加熱装置 4 7 に載置した。次いで、5 6 0 ℃まで加熱速度 1 0 ℃/分で加熱し、この温度で 2 分間保持した。なお、薄膜 4 2 を構成する酸化ボロンのガラス転移温度  $T_g$  は 5 5 3 ℃であった。

その後、ヒータ加熱によって自然冷却を制御することにより、1 0 ℃/分の冷却速度で薄膜 4 2 を室温まで冷却し、加熱装置 4 7 と治具 4 6 を取り外した。すると、図 1 5 に示すような立体的な薄膜構造体 4 8 が得られた。

#### 【 0 0 4 2 】

##### 実施例 3

本実施例においては、過冷却液体域を有する非晶質材料からなる薄膜を、静電的な外力によって変形させた。

図 1 6 ~ 2 0 は、本実施例による薄膜構造体の製造工程を示す工程図である。図 1 6 は、本発明の薄膜構造体の製造方法における最初の工程を示す平面図であり、図 1 7 ~ 2 0 は、それぞれ図 1 6 に続く工程を経時的に示す断面図である。また、図 1 8 は、図 1 7 に示す平面図の III - III 線における断面図を示したものである。

基板 5 0 には厚さ 2 5 0  $\mu\text{m}$ 、結晶方位 1 0 0 面の単結晶シリコンウェハを用いた。

#### 【 0 0 4 3 】

最初に、図 1 6 に示すように、基板 5 0 の主面 5 0 A 上にクロム薄膜 5 1 をスパッタリング法により厚さ 5 0 nm に形成した。次いで、クロム薄膜 5 1 上に酸

化ボロンからなる薄膜 5 2 を C V D 法により厚さ約  $2 \mu m$  に形成した。

次いで、図 1 7 及び 1 8 に示すように、薄膜 5 2 上に図示しないレジストからなる保護膜を形成した後、フッ酸緩衝液に浸漬してエッチングを行い、薄膜 5 2 及びクロム薄膜 5 1 をパターニングした。

次いで、基板 5 0 の裏面 5 0 B に図示しないレジストからなる保護膜を形成した後、基板 5 0 を  $80^{\circ}C$  の水酸化カリウム水溶液（濃度 4 0 重量％）に 2 時間浸漬させてエッチングを行い、エッチピット 5 4 を形成した。

#### 【0 0 4 4】

次いで、図 1 9 に示すように、薄膜 5 2 の上方に直径  $50 \mu m$  のガラスビーズ 6 0 を介して成形用電極 5 9 を設置した。成形用電極 5 9 は、酸化シリコンからなる絶縁層 5 8 と、クロム電極 5 7 と、石英ガラス 5 6 とが積層されて構成されている。次いで、基板 5 0 と成形用電極 5 9 とを外部電源 6 1 に接続し、両者に一定の電圧  $V$  を印加することによって、クロム薄膜 5 1 と成形用電極 5 9 との間に静電力を発生させ、これによって薄膜 5 2 を成形用電極 5 9 に吸着させた。

次いで、基板 5 0 の裏面 5 0 側に加熱装置 6 2 を設ける。そして、基板 5 0 を加熱速度  $10^{\circ}C/分$  で  $560^{\circ}C$  まで加熱し、2 分間保持した。なお、酸化ボロンのガラス転移温度  $T_g$  は  $553^{\circ}C$  であった。

その後、加熱装置により自然冷却を制御することによって冷却速度  $10^{\circ}C/分$  で室温まで冷却した。その結果、図 2 0 に示すような薄膜構造体 6 3 が得られた。

#### 【0 0 4 5】

本実施例では、基板 5 0 と成形用電極 5 9 との間に高電圧を印加し、これらの間に大きな静電力を発生させている。したがって、薄膜 5 2 を過冷却液体域に加熱する以前において、薄膜 5 2 が成形用電極 5 9 に吸着している。しかしながら、基板 5 0 と成形用電極 5 9 との間に比較的低い電圧を印加した場合においても、薄膜 5 2 を過冷却液体域に加熱することにより薄膜 5 2 が粘性流動を示すため、薄膜 5 2 が成形用電極 5 9 に吸着して薄膜構造体 6 3 を形成することができる。

#### 【0 0 4 6】

## 実施例 4

本実施例では、過冷却液体域を有する非晶質材料からなる薄膜を、磁気的な外力によって変形させた。

図 21～26 は、本実施例による薄膜構造体の製造工程を示す工程図である。図 21 は、本発明の薄膜構造体の製造方法における最初の工程を示す平面図であり、図 22 は、図 21 に示す平面図の IV-IV 線における断面図を示したものである。そして、図 23～26 は、それぞれ図 21 及び 22 に続く工程を経時的に示す断面図である。

基板 70 には厚さ  $250\text{ }\mu\text{m}$ 、結晶方位 100 面の単結晶シリコンウェハを用いた。

## 【0047】

最初に、図 21 及び 22 に示すように、基板 70 の主面 70A 上にスピンコート法によってポリイミド膜を厚さ  $5\text{ }\mu\text{m}$  に形成した後、RIE によって片持ち梁形状のネガパターン 72 を形成した。

次いで、図 23 に示すように、スパッタリング法により、基板 70 の主面 70A 上に  $\text{Pd}_{61}\text{Pt}_{15}\text{Cu}_6\text{Si}_{18}$  の金属ガラスからなる薄膜 73 を、ネガパターン 72 を覆うようにして厚さ  $2\text{ }\mu\text{m}$  に形成した。次いで、薄膜 73 上に強磁性体である Co からなる磁性層 74 を厚さ  $0.5\text{ }\mu\text{m}$  となるように、スパッタリング法によって形成した。さらに、基板 70 の裏面 70B 上にレジストからなる保護層 75 を、スピンコートにより厚さ約  $1\text{ }\mu\text{m}$  に形成した。

## 【0048】

次いで、図 24 に示すように、 $80^{\circ}\text{C}$  に加熱した水酸化カリウム（濃度 40 重量%）に基板 70 を 2 時間浸漬させることによってウエットエッチングを行い、ネガパターン 72 を除去することによって、薄膜 73 と磁性層 74 とをパターンニング（リフトオフ）した。そして、基板 70 を異方性エッチングすることによって、エッチピット 77 を形成した。その後、保護層 75 をメチルエチルケトンに 5 分間浸漬させることによってエッチング除去した。

次いで、図 25 に示すように基板 70 の裏面 70B 側に加熱装置 78 を設け、この加熱装置 78 によって、薄膜 73 を加熱速度  $10^{\circ}\text{C}/\text{分}$  で  $425^{\circ}\text{C}$  まで加熱

した。なお、 $\text{Pd}_{61}\text{Pt}_{15}\text{Cu}_6\text{Si}_{18}$ のガラス転位温度 $T_g$ は $357^\circ\text{C}$ であった。

#### 【0049】

そして、薄膜73の温度が $425^\circ\text{C}$ になったところで、図示しない直動機構によって駆動されるシャフト79に接続された永久磁石80を磁性層74に接近させた。

この場合において、基板70と永久磁石80とのギャップは、前記直動機構に具備された変位センサのデータより決定される。また、永久磁石80の極性は、薄膜73と対向する側をN極とし、反対側をS極とした。さらに永久磁石80を熱より保護する目的で、冷却管81を永久磁石80内に設けた。

なお、Coのキュリー点は $1131^\circ\text{C}$ であるので、前記のように $425^\circ\text{C}$ まで加熱した場合においても、その強磁性を失うことがない。

#### 【0050】

上記温度に薄膜73を加熱することによって、薄膜73は過冷却液体域にあって軟化しているため、磁性層74が永久磁石80に吸引されるのにしたがって変形する。

薄膜73の変形が進んで磁性層74が永久磁石80に吸着すると、薄膜73は冷却され、ガラス転移温度 $357^\circ\text{C}$ 以下になった時点で変形が固定される。これによって図26に示すような薄膜構造体82を得ることができた。

なお、磁性層74は薄膜構造体82を得た後に、必要に応じ塩酸などでエッチング除去することもできる。

#### 【0051】

##### 実施例5

本実施例では、過冷却液体域を有する非晶質材料からなる薄膜を、バイモルフ効果によって変形させた。

図27～32は、本実施例による薄膜構造体の製造工程を示す工程図である。図27は、本発明の薄膜構造体の製造方法における最初の工程を示す平面図であり、図28は、図27に示す平面図のV-V線における断面図を示したものである。そして、図29～32は、それぞれ図27及び28に続く工程を経時的に示

す断面図である。

基板 9 0 には厚さ  $200\ \mu\text{m}$ 、結晶方位 1 0 0 面の単結晶シリコンウェハを用いた。

#### 【 0 0 5 2 】

最初に、図 2 7 及び 2 8 に示すように、基板 9 0 の主面 9 0 A 上にポリイミド膜をスピコート法によって厚さ  $5\ \mu\text{m}$  に形成した後、R I E によって片持ち梁形状のネガパターン 9 2 を形成した。

次いで、図 2 9 に示すように  $\text{Pd}_{61}\text{Pt}_{15}\text{Cu}_6\text{Si}_{18}$  の金属ガラスからなる薄膜 9 3 をスパッタリング法により、厚さ  $2\ \mu\text{m}$  に形成した。さらに、基板 9 0 の裏面 9 0 B にレジストからなる保護層 9 4 を、スピコートにより厚さ約  $1\ \mu\text{m}$  に形成した。

次いで、図 3 0 に示すように、 $80^\circ\text{C}$  に加熱した水酸化カリウム（濃度 4 0 重量％）に 3 時間浸漬することによりウェットエッチングを行い、ネガパターン 9 2 を除去することにより薄膜 9 3 をパターニング（リフトオフ）して、片持ち梁形状の薄膜 9 5 を形成した。さらに、基板 9 0 を異方性エッチングすることによって、基板 9 0 の基部 9 6 のみが残るようにした。その後、保護膜 9 4 をメチルエチルケトンに 5 分間浸漬させることによって除去した。

#### 【 0 0 5 3 】

次いで、図 3 1 に示すように、このアセンブリを加熱装置 9 7 を有する図示しないスパッタリング装置内に入れた。その後、スパッタリング装置内を  $10^{-3}\text{Pa}$  まで真空排気した後に、アルゴンガスを圧力が  $0.4\text{Pa}$  となるように導入した。

そして、加熱速度  $10^\circ\text{C}/\text{分}$  で  $425^\circ\text{C}$  まで加熱するとともに、加熱温度が  $355^\circ\text{C}$  を超えた時点で、スパッタリングによってクロム層 9 8 を片持ち梁形状の薄膜 9 5 上に、厚さ約  $0.1\ \mu\text{m}$  に形成した。なお、 $\text{Pd}_{61}\text{Pt}_{15}\text{Cu}_6\text{Si}_{18}$  のガラス転位温度  $T_g$  は上記したように  $357^\circ\text{C}$  であった。

薄膜 9 5 の温度が  $357^\circ\text{C}$  を超えた時点において、クロム層 9 8 内部に発生した圧縮応力により、薄膜 9 5 とクロム層 9 8 との界面には薄膜 9 5 を下方へ引っ張る力が作用する。その結果、薄膜 9 5 は下方へ垂れ下がった形状を呈するよう

になった。

【0054】

そして、クロム層 98 の形成が完了するとともに加熱を終了し、加熱装置により放射冷却を制御することによって、 $10^{\circ}\text{C}/\text{分}$  の冷却速度で室温まで冷却した。

薄膜 95 の温度が薄膜 95 を構成する金属ガラスの過冷却液体域より低くなると、薄膜 95 の変形は終了する。したがって、最終的に図 32 に示すような薄膜構造体 99 を得た。

薄膜構造体 99 を得た後、クロム層 98 は必要に応じて塩酸でエッチング除去することもできる。

【0055】

実施例 6

本実施例では、過冷却液体域を有する非晶質材料からなる薄膜を、バイモルフ効果によって変形させた。但し、実施例 5 と異なり、基板と前記薄膜を構成する非晶質材料とからなる混合層を形成し、この混合層と前記薄膜とのバイモルフ効果を利用した。

図 33～37 は、本実施例による薄膜構造体の製造工程を示す工程図である。図 33 は、本発明の薄膜構造体の製造方法における最初の工程を示す平面図であり、図 34 は、図 33 に示す平面図の VI-VI 線における断面図を示したものである。そして、図 35～37 は、それぞれ図 33 及び 34 に続く工程を経時的に示す断面図である。

基板 100 には厚さ  $200\mu\text{m}$ 、結晶方位 100 面の単結晶シリコンウェハを用いた。

【0056】

最初に、図 33 及び 34 に示すように、基板 100 の主面 100A 上にスピコート法によってポリイミド膜を厚さ  $5\mu\text{m}$  に形成した。そして、RIE により片持ち梁形状のネガパターン 12 を形成した。

次いで、図 35 に示すように、 $\text{Zr}_{66}\text{Cu}_{33}\text{Al}_1$  の金属ガラスからなる薄膜 104 を、高周波マグネトロンスパックリング法により基板 100 の主面 100



A上に厚さ $2\mu\text{m}$ に形成した。そして、薄膜104を形成する際に、スパッタリング条件を雰囲気圧力 $0.03\text{Pa}$ 、スパッタ出力 $150\text{W}$ とすることによって、基板100の主面100Aが薄膜104を構成する元素によって逆スパッタされるようにした。その結果、基板100と薄膜104との間に、前記金属ガラス粒子と基板を構成するシリコン粒子とが混合して形成された約 $20\text{nm}$ の厚さの混合層105が形成された。

#### 【0057】

次いで、基板100の裏面100B側にレジストからなる保護層106をスピコートにより厚さ約 $1\mu\text{m}$ に形成した。

次いで、図36に示すように、 $80^{\circ}\text{C}$ に加熱した水酸化カリウム（濃度約40重量%）に2時間浸漬させることによってウェットエッチングを行い、ネガパターン102を除去した。さらに、薄膜104及び混合層105をパターニング（リフトオフ）するとともに、基板104を異方性エッチングすることによってエッチピット107を形成した。その後、基板100の全体をメチルエチルケトンに5分間浸漬させることによって保護層15を除去した。

#### 【0058】

次いで、図37に示すように、図5と同様に薄膜104上に熱電対17及びチタン箔（厚さ $50\mu\text{m}$ ）のカバー18を設置し、このアセンブリを真空容器19中に入れた。そして、赤外線ヒータ21によって加熱速度 $10^{\circ}\text{C}/\text{分}$ で $660^{\circ}\text{C}$ まで薄膜104を加熱した。

すると、混合層105及び薄膜104の熱膨脹係数の差から両者の界面に応力が生じる。この場合、混合層105の熱膨脹係数が薄膜104の熱膨脹係数よりも小さいので、薄膜104には混合層105から圧縮応力が作用する。したがって、薄膜104は下方に向かって変形した。

#### 【0059】

図38は、薄膜104のたわみ量を加熱前後で測定した結果を示すものである。

図38から明らかなように、加熱前において薄膜104はほとんど変化していないが、加熱後においてはバイモルフ効果によって大きくたわんでいることが分

かる。すなわち、本実施例の方法によって片持ち梁構造の薄膜構造体を形成できることが確認された。

【 0 0 6 0 】

以上、具体例を挙げながら、本発明の発明の実施に形態に則して説明してきたが、本発明は上記内容に限定されるものではなく、本発明の範疇を逸脱しない限りにおいて、あらゆる変形や変更可能である。

【 0 0 6 1 】

【発明の効果】

本発明の薄膜構造体は、過冷却液体域を有する非晶質材料から薄膜構造体を構成し、このような非晶質材料の過冷却液体域前後による特異な物性を利用して薄膜構造体を形成するようにしている。このため、高い生産性と高い再現性とを有し、成形後の形状安定性に優れた薄膜構造体を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の薄膜構造体の製造方法の一例において、最初の工程を示す平面図である。

【図 2】 図 1 に示す平面図の I - I 線における断面図である。

【図 3】 図 1 及び 2 に示す工程の後の工程を示す断面図である。

【図 4】 図 3 に示す工程の後の工程を示す断面図である。

【図 5】 図 4 に示す工程の後の工程を示す断面図である。

【図 6】 本発明の薄膜構造体に用いた金属ガラスの示差走査熱量計 (DSC) 曲線のグラフである。

【図 7】 本発明の薄膜構造体を構成する薄膜を、過冷却液体域に加熱する以前の状態を示す走査型電子顕微鏡写真である。

【図 8】 本発明の薄膜構造体を構成する薄膜を、過冷却液体域に加熱して薄膜構造体を作製した後の状態を示す走査型電子顕微鏡写真である。

【図 9】 パドル部に代えてハンダバンプを形成した場合を示す工程図である。

【図 10】 パドル部に代えて厚肉部を形成した場合を示す工程図である。

【図 11】 本発明の薄膜構造体の製造方法の他の例において、最初の工程を示す平面図である。

- 【図 1 2】 図 1 1 に示す行程の後の工程を示す平面図である。
- 【図 1 3】 図 1 2 に示す平面図の II－II 線における断面図である。
- 【図 1 4】 図 1 3 に示す工程の後の工程を示す断面図である。
- 【図 1 5】 図 1 4 に示す工程の後の工程を示す断面図である。
- 【図 1 6】 本発明の薄膜構造体の製造方法のさらに他の例において、最初の工程を示す平面図である。
- 【図 1 7】 図 1 6 に示す行程の後の工程を示す平面図である。
- 【図 1 8】 図 1 7 に示す平面図の III－III 線における断面図である。
- 【図 1 9】 図 1 8 に示す工程の後の工程を示す断面図である。
- 【図 2 0】 図 1 9 に示す工程の後の工程を示す断面図である。
- 【図 2 1】 本発明の薄膜構造体の製造方法のその他の例において、最初の工程を示す平面図である。
- 【図 2 2】 図 2 1 に示す平面図の IV－IV 線における断面図である。
- 【図 2 3】 図 2 1 及び 2 2 に示す工程の後の工程を示す断面図である。
- 【図 2 4】 図 2 3 に示す工程の後の工程を示す断面図である。
- 【図 2 5】 図 2 4 に示す工程の後の工程を示す断面図である。
- 【図 2 6】 図 2 5 に示す工程の後の工程を示す断面図である。
- 【図 2 7】 本発明の薄膜構造体の製造方法の一例において、最初の工程を示す平面図である。
- 【図 2 8】 図 2 7 に示す平面図の V－V 線における断面図である。
- 【図 2 9】 図 2 7 及び 2 8 に示す工程の後の工程を示す断面図である。
- 【図 3 0】 図 2 9 に示す工程の後の工程を示す断面図である。
- 【図 3 1】 図 3 0 に示す工程の後の工程を示す断面図である。
- 【図 3 2】 図 3 1 に示す工程の後の工程を示す断面図である。
- 【図 3 3】 本発明の薄膜構造体の製造方法の他の例において、最初の工程を示す平面図である。
- 【図 3 4】 図 3 3 に示す平面図の VI－VI 線における断面図である。
- 【図 3 5】 図 3 3 及び 3 4 に示す工程の後の工程を示す断面図である。
- 【図 3 6】 図 3 5 に示す工程の後の工程を示す断面図である。

【図 3 7】 図 3 6 に示す工程の後の工程を示す断面図である。

【図 3 8】 本発明の薄膜構造体を構成する薄膜の、過冷却液体域に加熱する前後におけるたわみ量を示す図である。

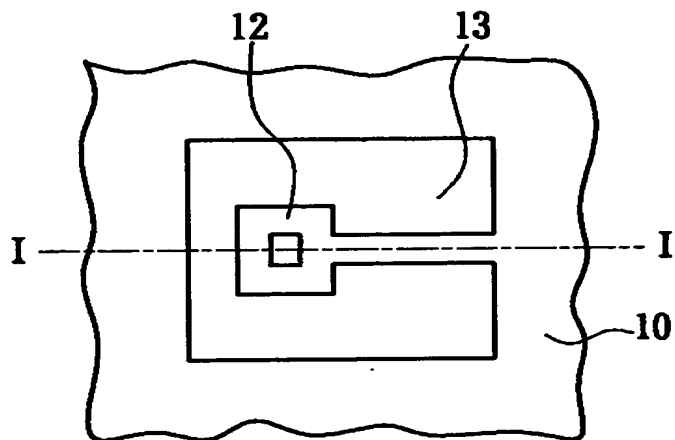
【符号の説明】

- 1 0、4 0、5 0、7 0、9 0、1 0 0 基板
- 1 2 パドル部
- 1 3、7 2、9 2、1 0 2 ネガパターン
- 1 4、4 2、5 2、7 3、9 3 薄膜
- 1 5、7 5、9 4、1 0 6 保護層
- 1 6、5 4、7 7、1 0 7 エッチピット
- 1 7 熱電対
- 1 8 カバー
- 1 9 真空容器
- 2 0 石英ガラス窓
- 2 1 赤外線ヒータ
- 2 2 温度調節器
- 3 0 ハンダバンプ
- 3 1 厚肉部
- 4 1 犠牲層
- 4 3 マスク
- 4 4 貫通孔
- 4 6 治具
- 4 7、6 2、7 8、9 7 加熱装置
- 4 8、6 3、8 2、9 9 薄膜構造体
- 5 1 クロム薄膜
- 5 6 石英ガラス窓
- 5 7 クロム電極
- 5 8 絶縁層
- 5 9 成形用電極

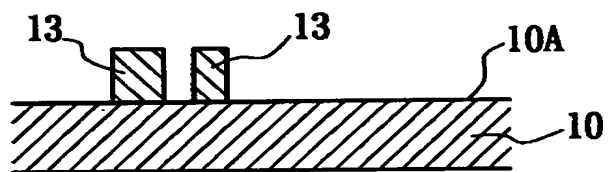
- 6 0 ガラスビーズ
- 6 1 外部電源
- 7 4 磁性層
- 7 9 シャフト
- 8 0 永久磁石
- 8 1 冷却管
- 9 5 片持ち梁構造の薄膜
- 9 6 基板の基部
- 9 8 クロム層
- 1 0 5 混合層

【書類名】 図面

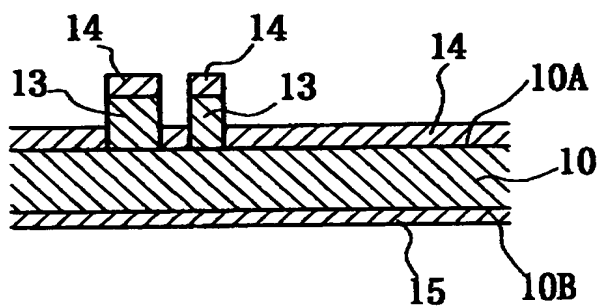
【図 1】



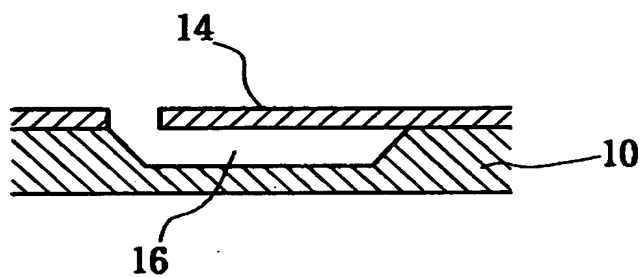
【図 2】



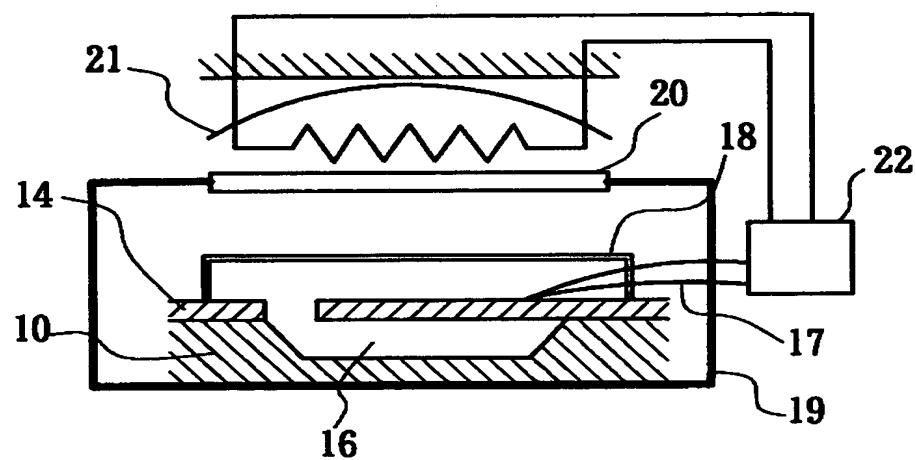
【図 3】



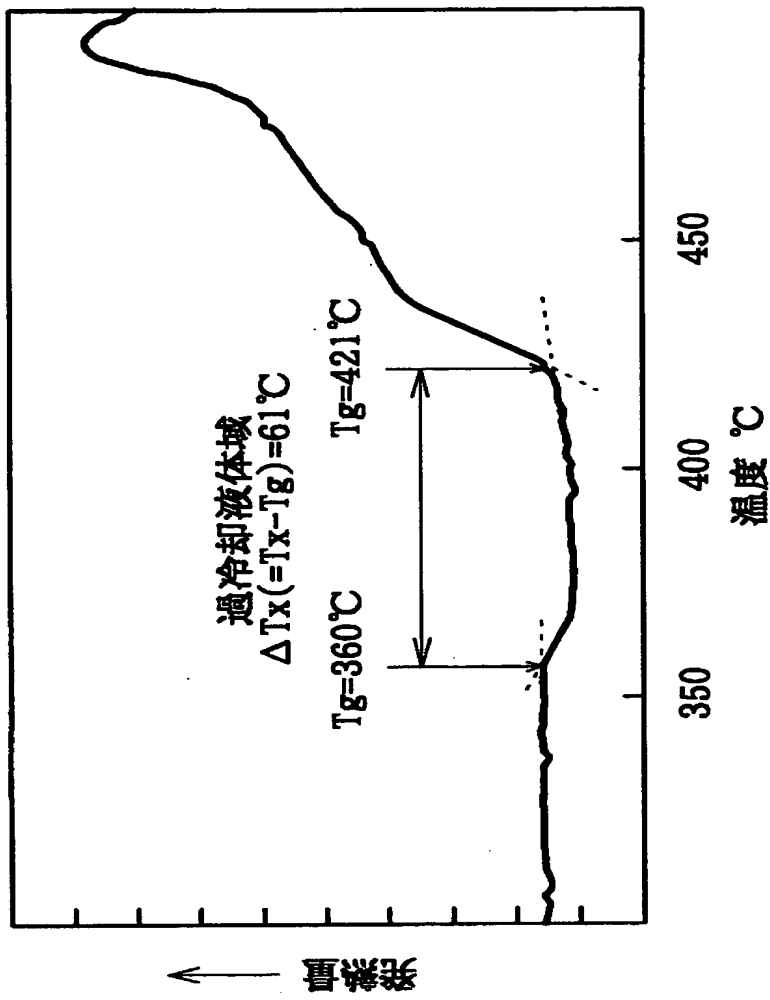
【図 4】



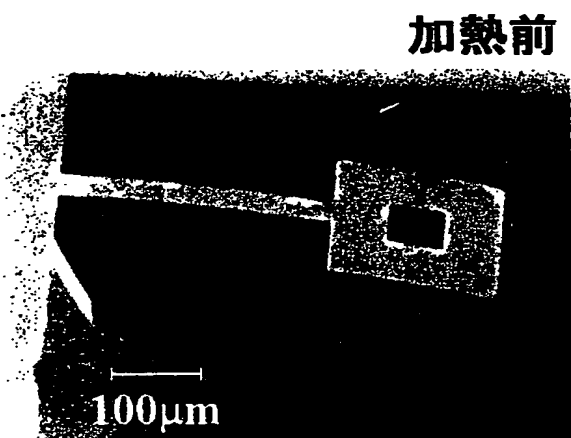
【図 5】



【図 6】



【図 7】



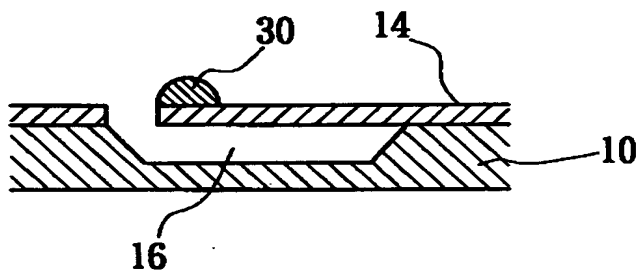


【図 8】

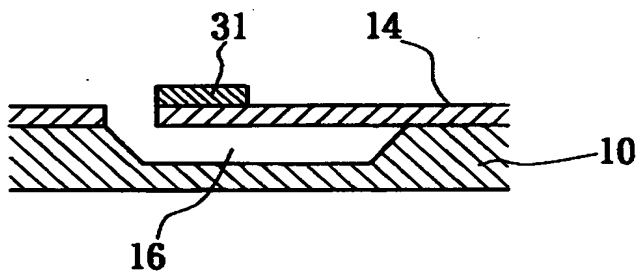
加熱後



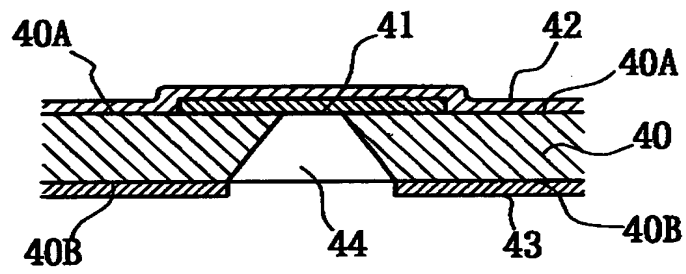
【図 9】



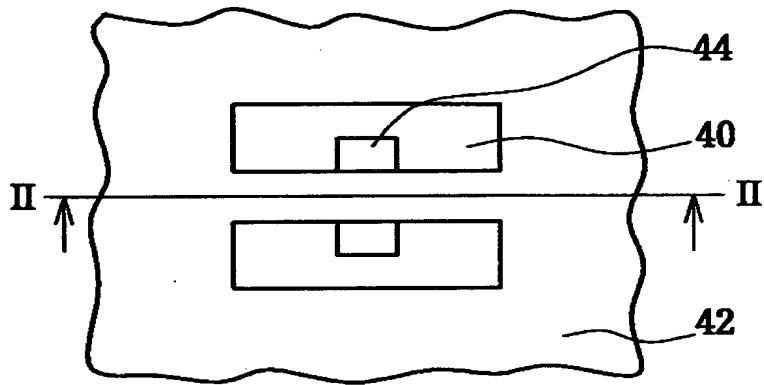
【図 1 0】



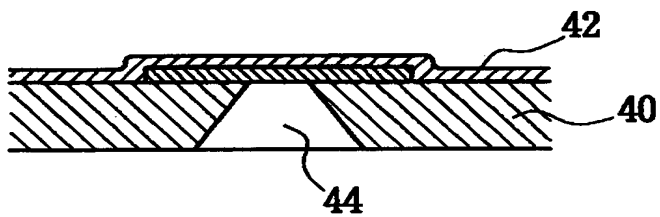
【図 1 1】



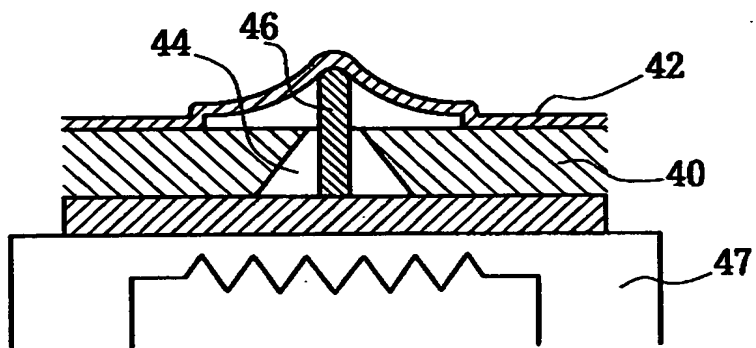
【図 1 2】



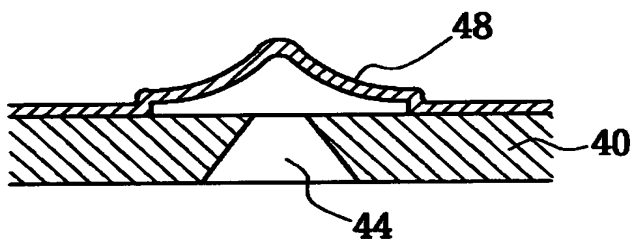
【図 1 3】



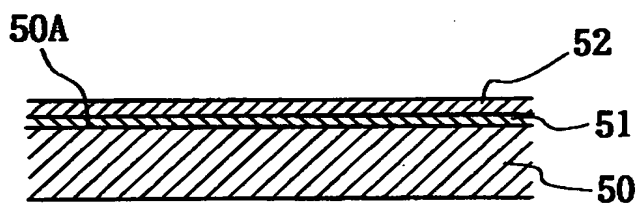
【図 1 4】



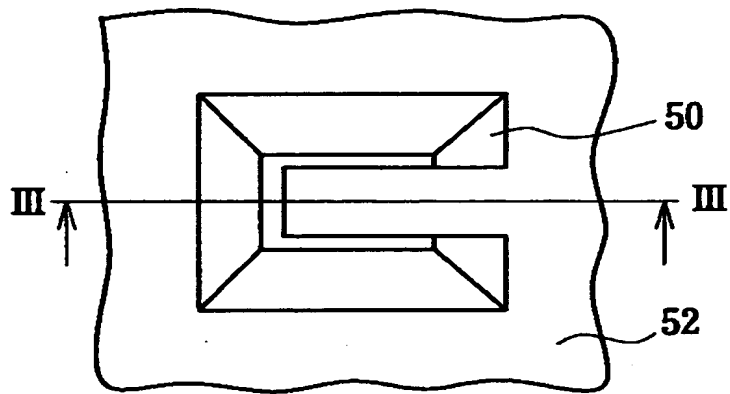
【図 1 5】



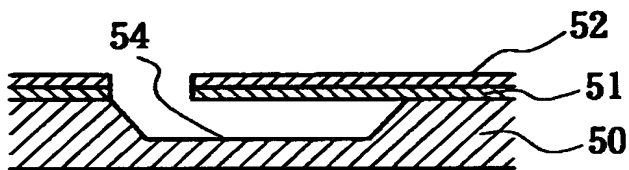
【図 1 6】



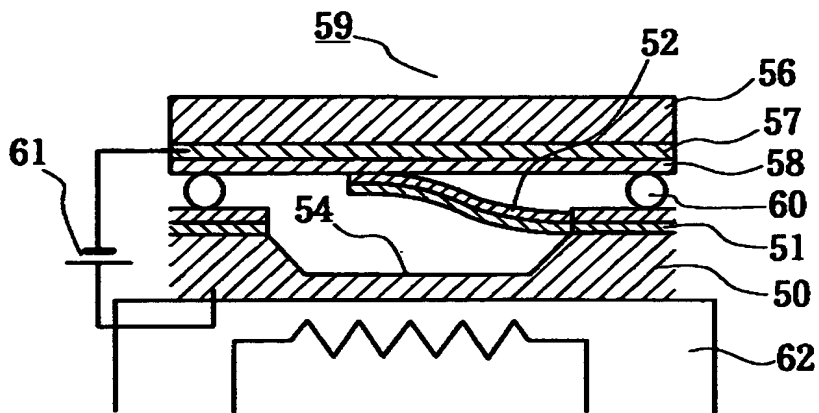
【図 17】



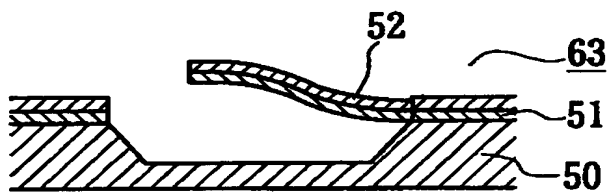
【図 18】



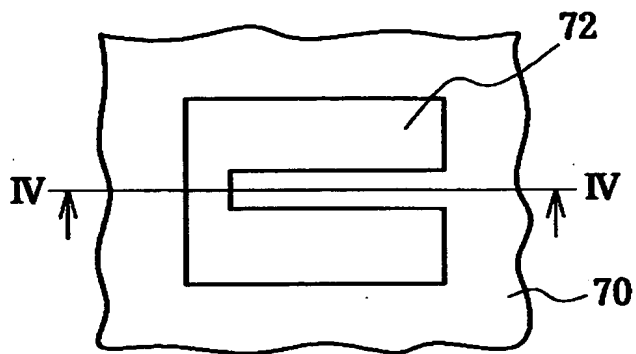
【図 19】



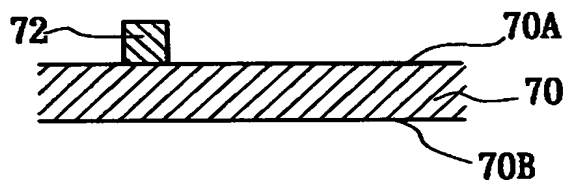
【図 2 0】



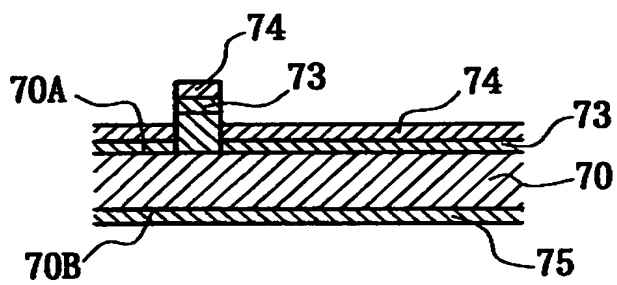
【図 2 1】



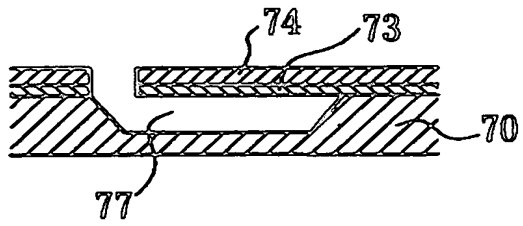
【図 2 2】



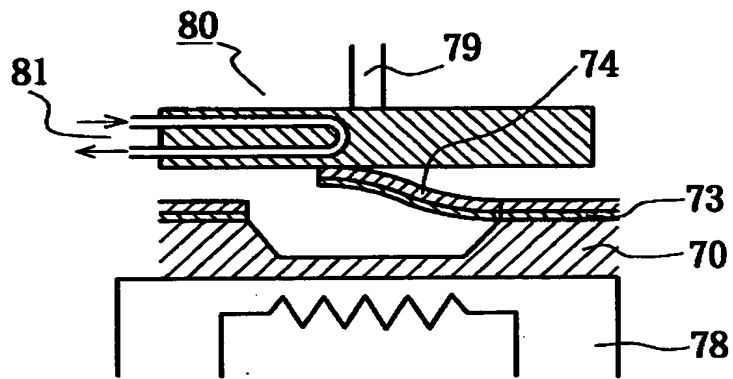
【図 2 3】



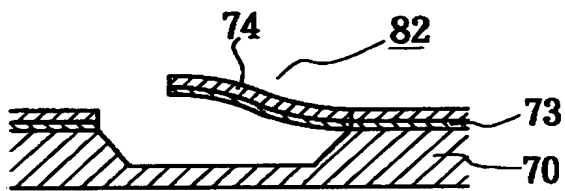
【図 2 4】



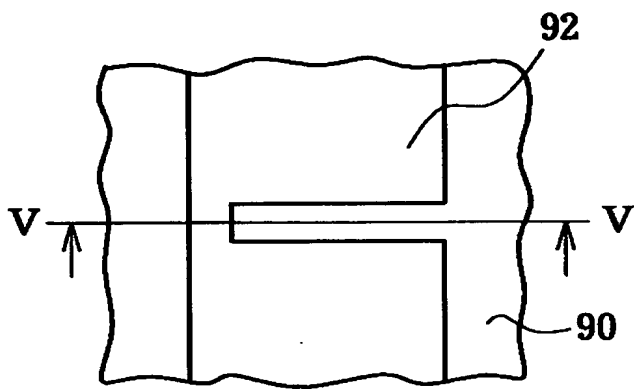
【図 2 5】



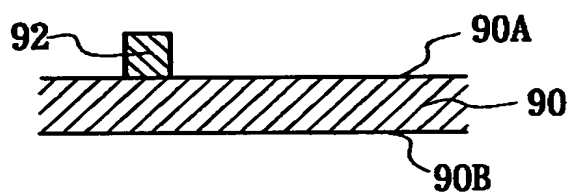
【図 2 6】



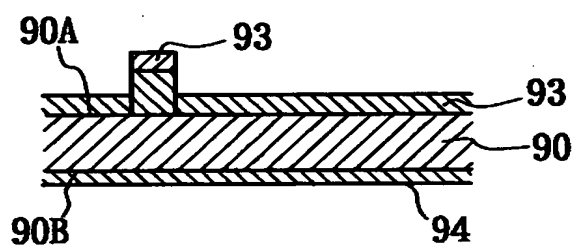
【図 2 7】



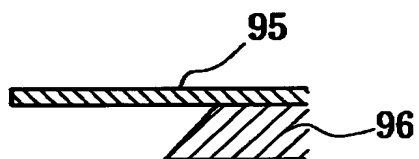
【図 2 8】



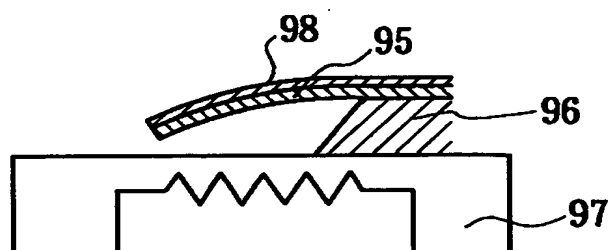
【図 2 9】



【図 3 0】

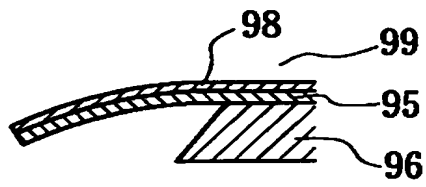


【図 3 1】

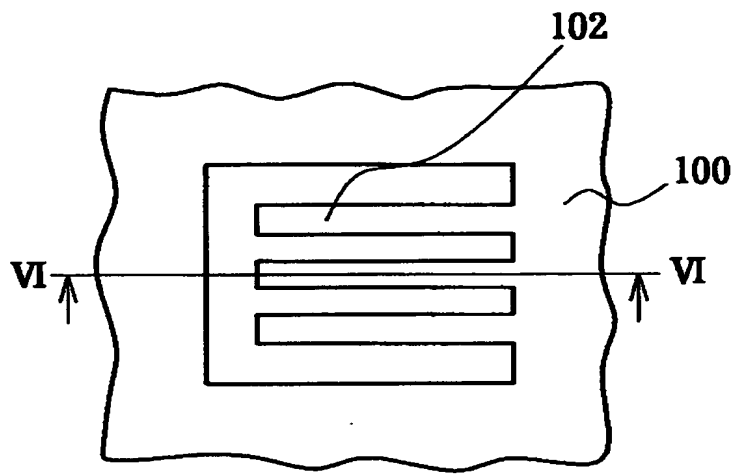




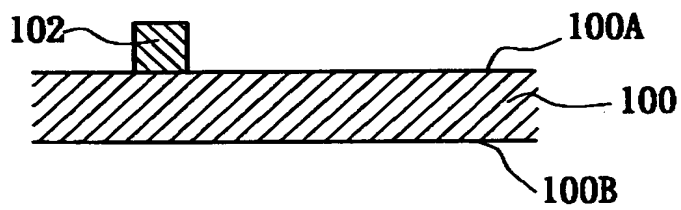
【図 3 2】



【図 3 3】

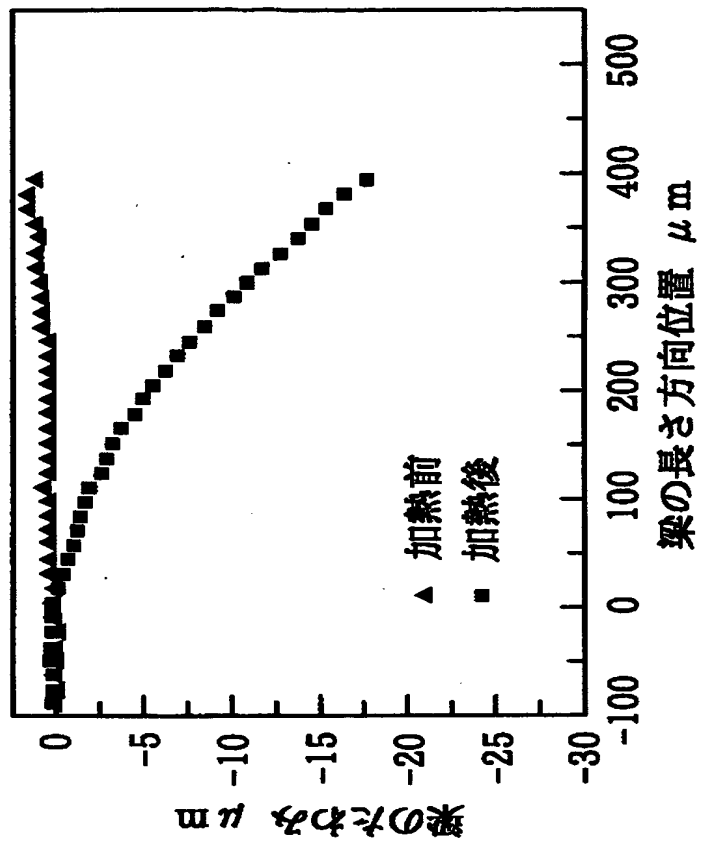


【図 3 4】





【図 3 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高い生産性と高い再現性とを有し、成形後の形状安定性に優れた薄膜構造体及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 過冷却液体域を有する非晶質材料からなる薄膜を所定の基板上に形成する。そして、この薄膜を前記過冷却液体域に加熱し、薄膜の自重、機械的な外力、静電的な外力などによって所定の形状に変形させ、薄膜構造体を形成する。そして、前記過冷却液体域から室温まで冷却することによって前記薄膜の変形を終了させる。

【選択図】 図 5

認定・付加情報

特許出願の番号	平成11年 特許願 第126680号
受付番号	59900429059
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成11年 5月10日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	391012316
【住所又は居所】	東京都目黒区大岡山2丁目12番1号
【氏名又は名称】	東京工業大学長

【代理人】

申請人

【識別番号】	100059258
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関3-2-4 霞山ビル7階
【氏名又は名称】	杉村 暁秀

【選任した代理人】

【識別番号】	100072051
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関3-2-4 霞山ビル7階
【氏名又は名称】	杉村 興作

【選任した代理人】

【識別番号】	100098383
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関3丁目2番4号 霞山ビル ディング7階 杉村萬國特許事務所内
【氏名又は名称】	杉村 純子

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [391012316]

1. 変更年月日	1991年 1月22日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都目黒区大岡山2丁目12番1号
氏 名	東京工業大学長